



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANT: COPPOLA, Giuseppe; FERRARO, Pietro; IODICE, Mario; DE NICOLA, Sergio

SERIAL NO.: 10/624,189

FILED: July 22, 2003

TITLE: INTERFEROMETRIC SYSTEM FOR THE SIMULTANEOUS MEASUREMENT OF THE INDEX OF REFRACTION AND OF THE THICKNESS OF TRANSPARENT MATERIALS, AND RELATED PROCEDURE

TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY OF FOREIGN PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P. O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

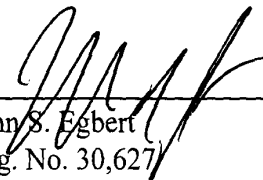
Sir:

Attached please find the Foreign Priority Document, Italian Patent Application No. RM 2002 A 000397 filed on 24 July 2002.

Respectfully submitted,

AUG 2 1 2003

Date



John S. Egbert
Reg. No. 30,627
Harrison & Egbert
412 Main Street, 7th Floor
Houston, Texas 77002
(713)224-8080
(713)223-4873 (Fax)

CERTIFICATE OF MAILING UNDER 37 CFR 1.8(a)

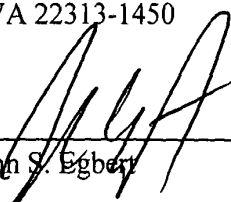
I hereby certify that the attached CERTIFIED COPY OF FOREIGN PRIORITY DOCUMENT is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to:

Commissioner for Patents
P. O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

on **AUG 2 1 2003**, 2003.

AUG 2 1 2003

Date



John S. Egbert



Ministero delle Attività Produttive

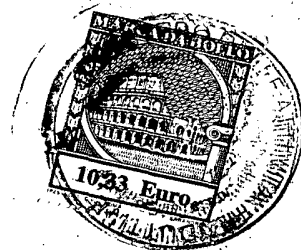
Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività

Ufficio Italiano Brevetti e Marchi

Ufficio G2

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per: **Invenzione Industriale**

N. RM2002 A 000397



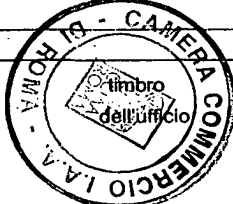
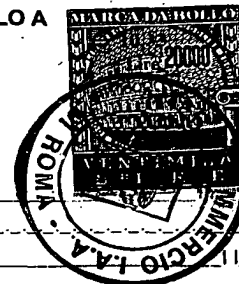
*Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.*

Roma, li

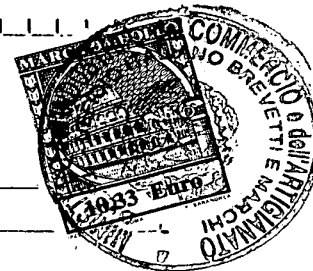
15 LUG. 2003

per IL DIRIGENTE

Paolo J. J. J.



L'Ufficio Legale
Giuseppe Tafari



A. RICHIEDENTE (I)

Denominazione | CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

Residenza | ROMA

D. TITOLO

| SISTEMA INTERFEROMETRICO PER LA MISURA SIMULTANEA DELL'INDICE DI RIFRAZIONE E DELLO
 | SPESSORE DI MATERIALI TRASPARENTI E RELATIVO PROCEDIMENTO.

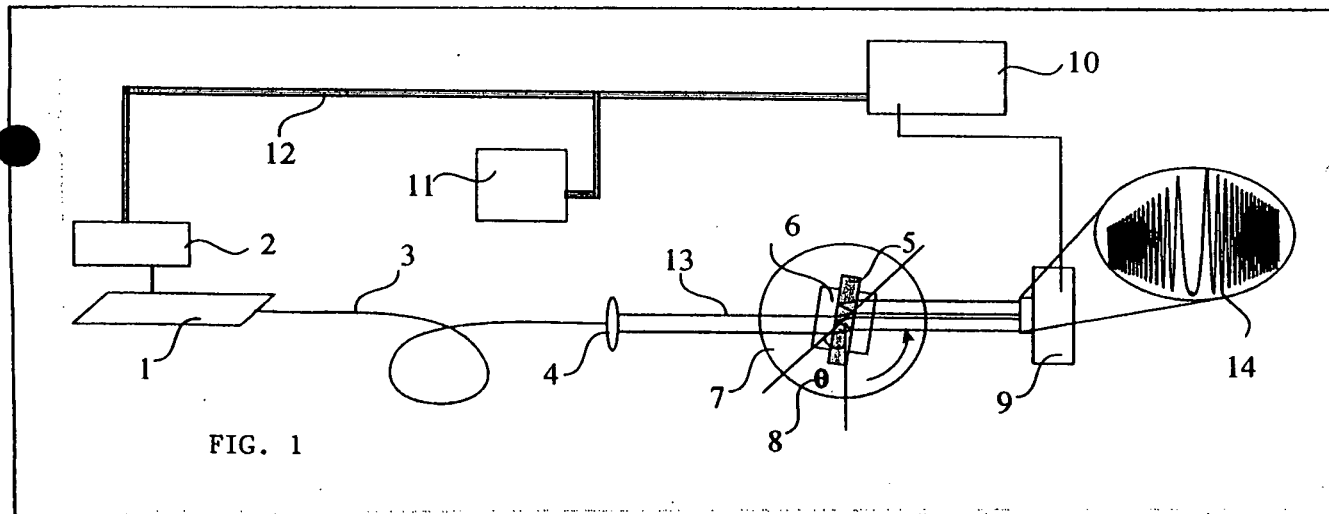
Classe proposta (sez./cl./scl/) |

(gruppo/sottogruppo) |

L. RIASSUNTO

Sistema interferometrico per la misura simultanea dell'indice di rifrazione e dello spessore di materiali trasparenti, con una singola operazione di misura. Esso combina un interferometro del tipo "shear interferometer" con la possibilità di variare la lunghezza d'onda della sorgente luminosa. L'indice di rifrazione e lo spessore sono determinati in due passi. Nel primo si determina il cammino ottico analizzando lo sfasamento del segnale interferometrico ottenuto per incidenza ortogonale; nel secondo passo, utilizzando tecniche di recupero di fase e il valore del cammino precedentemente determinato, si ricava l'indice di rifrazione del materiale. Dalla conoscenza dell'indice e del cammino ottico si ricava lo spessore del materiale. Il sistema è costituito da una sorgente laser (1), con lunghezza d'onda d'emissione variabile, un collimatore (4), una cella (5), una base rotante di precisione (7), un sistema di acquisizione composto da un fotodiodo (9), un oscilloscopio (10), un bus IEEE-488 (12) e un personal computer (11). L'invenzione si colloca nel campo tecnico dell'ottica ed in quello tecnico applicativo della caratterizzazione di materiali e di fabbricazione di strumentazione ottica.

M. DISEGNO



DESCRIZIONE

dell'invenzione avente per titolo:

"Sistema interferometrico per la misura simultanea dell'indice di rifrazione e dello spessore di materiali trasparenti, e relativo procedimento"

a nome: CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

con sede a ROMA.

La presente invenzione si riferisce ad un sistema, e relativo procedimento, per la determinazione simultanea sia dell'indice di rifrazione sia dello spessore di materiali trasparenti, liquidi compresi. L'aspetto più rilevante del trovato sta nell'impiego di un unico sistema di misura basato su una tecnica interferometrica, nota con l'espressione inglese "shear interferometric", con l'ulteriore possibilità di variare la lunghezza d'onda della sorgente laser utilizzata. La valutazione dell'indice di rifrazione e dello spessore del materiale investigato avviene in due passi. Nel primo si determina la variazione di "cammino ottico" (con il termine "cammino ottico" si intende il prodotto tra l'indice di rifrazione e lo spessore del materiale analizzato) dovuta alla variazione della lunghezza d'onda della sorgente laser utilizzata; nel secondo passo, invece, si determina l'indice di rifrazione del materiale utilizzando il valore del cammino ottico precedentemente individuato e basandosi sull'uso di note tecniche di ricostruzione di fase, quali ad esempio il metodo basato sulla trasformata veloce di Fourier. Dall'indice di

rifrazione così calcolato e dal valore del cammino ottico si ricava il valore dello spessore del materiale investigato.

5 L'invenzione si colloca in particolare, ma non esclusivamente, nel campo tecnico della caratterizzazione ottica di materiali e nel campo applicativo della fabbricazione di strumentazione ottica. In numerose applicazioni, in campo sia scientifico sia industriale, esiste la necessità di misurare con un'adeguata accuratezza, ed inoltre simultaneamente, sia l'indice di rifrazione che lo spessore di materiali otticamente trasparenti. Molteplici sono i metodi messi a punto per la misura simultanea
10 dell'indice di rifrazione e dello spessore.

I metodi attualmente impiegati per la misura dell'indice di rifrazione e dello spessore di materiali, però, come risulta dalla letteratura, richiedono o complesse operazioni di misura, o la conoscenza preventiva dell'indice di rifrazione o dello spessore, o l'utilizzo di strumentazione costosa, o
15 l'utilizzo di personale altamente specializzato. Tutti aspetti che rendono lente e costose le operazioni di misura da effettuare.

L'invenzione, oggetto di questa domanda di brevetto, rappresenta un significativo miglioramento rispetto ad altri sistemi di misura dell'indice di rifrazione e dello spessore. Scopo degli inventori è, infatti, quello di realizzare un sistema in grado di determinare contemporaneamente sia
20 l'indice di rifrazione sia lo spessore di materiali trasparenti, a mezzo di "una singola operazione di misura", fornendo un'elevata precisione di misura. L'invenzione presentata è dunque un sistema di misura in cui viene impiegata un'interferometria del tipo "shear interferometric" con
25 l'ulteriore vantaggio di variare la lunghezza d'onda della radiazione



luminosa. Il sistema, attualmente preferito dagli inventori, per effettuare la misura, è descritto nel seguito nella sua essenzialità:

- Disporre di un supporto che abbia la funzione di alloggiare il materiale di cui si voglia misurare l'indice di rifrazione e lo spessore;
- 5 • detto supporto viene posto su un sistema rotante di precisione e quindi opportunamente inserito nel sistema di misura, in modo che il campione da misurare sia attraversato da un fascio di luce coerente e monocromatico;
- 10 • la luce coerente che attraversa il campione subisce varie riflessioni e rifrazioni alle interfacce del campione, producendo un segnale d'interferenza;
- dall'osservazione della variazione di fase del segnale d'interferenza, a seguito della variazione della lunghezza d'onda della luce coerente, si ricava il cammino ottico;
- 15 • da detto cammino ottico ed osservando il segnale d'interferenza, ottenuto per ogni fissata lunghezza d'onda della sorgente di luce coerente, si ricava l'indice di rifrazione del materiale;
- da detto valore dell'indice di rifrazione e dal valore del cammino ottico si ricava lo spessore del campione da misurare.

20 La sorgente di luce coerente e monocromatica deve consentire agevolmente, ed in modo controllato, di variare la lunghezza d'onda d'emissione.

Con l'invenzione presentata è sufficiente eseguire un'unica operazione di misura, poiché per ogni fissata posizione angolare, ossia per ogni

fissato valore del cammino ottico, la variazione del segnale interferometrico dipende solo dalla variazione della lunghezza d'onda della sorgente coerente; mentre per ogni fissata lunghezza d'onda, variando la posizione angolare del campione, all'interno del campione si hanno parti della luce coerente che sono sfasate diversamente fra di loro generando un segnale interferometrico che è funzione dell'angolo d'incidenza. Tale sfasamento, noto l'angolo d'incidenza, esclusivamente dalla presenza del materiale da caratterizzare.



Il modo migliore per realizzare la presente invenzione è, secondo gli autori, quello di utilizzare un sistema in cui il campione sia in rotazione rispetto ad una sorgente di luce coerente e monocromatica, che permette di variare la lunghezza d'onda di emissione. Tale sistema ha particolari caratteristiche di semplicità di utilizzo, versatilità, compattezza. Il sistema può avere configurazioni differenti da quella descritta nella presente invenzione e può essere realizzato con componenti ottici in numero e di tipo diverso senza che ciò pregiudichi o cambi il sistema oggetto della presente invenzione.

L'invenzione viene ora descritta in base ad una versione attualmente preferita dagli inventori e facendo riferimento alle tavole di disegno allegate.

Fig. 1– Rappresentazione schematica del sistema per la misura simultanea dell'indice di rifrazione e dello spessore di materiali trasparenti.

Fig. 2 – Rappresentazione schematica del campione di materiale da utilizzare con le relative variazioni di direzione della radiazione incidente.

Fig. 3 – Diagramma in cui viene riportato graficamente il segnale interferometrico ottenuto al variare dell'angolo di incidenza e per ogni lunghezza d'onda della sorgente di luce coerente.

5 Fig. 4 – Diagramma in cui viene riportata graficamente la variazione di fase della radiazione incidente in funzione della lunghezza d'onda della sorgente di luce coerente relativamente alla misura del cammino ottico del silicio (caso a) e del Niobato di Litio (caso b). In entrambi i casi l'incidenza è ortogonale al campione.

10 Fig. 5 – Diagramma in cui viene riportato un tipico segnale interferometrico per una fissata lunghezza d'onda e al variare dell'angolo di rotazione del campione.

Con rif. alla Fig. 1, sono mostrati i componenti ottici per la realizzazione del sistema di misura, la posizione della cella, base rotante 7 ed il sistema di analisi del segnale interferometrico 10, 11, 12. Per essere
15 più precisi, si elencano di seguito tutte le parti che compongono il sistema:

- 1 diodo laser
- 2 alimentatore diodo laser
- 3 fibra ottica
- 4 collimatore
- 20 5 campione da misurare
- 6 supporto porta campione
- 7 base rotante di precisione
- 8 angolo d'incidenza
- 9 fotodiodo
- 25 10 oscilloscopio

11 personal computer

12 Bus IEEE-488

Osservando ancora la Fig. 1, si può vedere come il sistema è costituito da un diodo laser DFB 1, il fascio laser, in uscita una fibra ottica 3, viene collimato tramite il collimatore 4. Sulla direzione di propagazione del fascio laser 13 è posto il campione da misurare 5. La radiazione laser 13 dopo aver attraversato il campione 5, incide sul fotodiodo 9. Tramite l'oscilloscopio 10 è possibile acquisire il segnale interferometrico su un personal computer 11 per le successive analisi. Il campione è posto su di una base rotante di precisione 7. Mediante il personal computer 11, il bus IEEE-488 12 e l'alimentatore 2, è possibile controllare la lunghezza d'onda della radiazione laser emessa dalla sorgente 1. Fissata la lunghezza d'onda della sorgente laser 1, se il campione da misurare 5 viene fatto ruotare per mezzo della base rotante 7, vi è una variazione di cammino ottico tra i raggi che si propagano all'interno del campione 5. Il cammino ottico, nell'ipotesi in cui l'indice di rifrazione n del materiale attraversato sia costante, si esprime come il prodotto del cammino geometrico d per l'indice di rifrazione n . La variazione di cammino ottico dipende dall'angolo di incidenza 8 e ciò comporta il segnale interferometrico 14. Tramite il personal computer 11, il bus IEEE-488 12 e l'alimentatore 2, è possibile variare la lunghezza d'onda della sorgente laser 1 e quindi, per ogni fissato angolo d'incidenza 8, variare la fase del segnale interferometrico 14.

Con rif. alla Fig. 2, che riporta una vista dall'alto del campione da misurare, si nota che nel caso in cui il campione sia di spessore costante

ed indice di rifrazione uniforme, allora la differenza di cammino ottico, tra i vari raggi 15, 20, 16, 17 che si propagano all'interno del campione, è dovuta alle sole riflessioni e rifrazioni che tali raggi subiscono sulle superfici 18 e 19 del campione. La differenza di cammino ottico dipende dall'angolo di incidenza θ e da tale differenza dipenderà il segnale interferometrico acquisito. In particolare il raggio 13 subisce una rifrazione in corrispondenza della superficie aria-campione 18, si propaga all'interno del campione (raggio 15) e parte subisce una rifrazione all'interfaccia campione-aria 19 (raggio 21) e parte viene riflessa dalla superficie interfaccia campione-aria 19 (raggio 20). Tale parte dopo aver subito un'ulteriore riflessione sull'interfaccia 18 e una rifrazione alla superficie 19 uscirà dal campione. Ovviamente parte del raggio 16 sarà riflessa dalla superficie 19 dando vita al raggio 17, che subirà le stesse sorti del raggio 20. Se il campione è costituito da materiale omogeneo, con pareti di spessore uniforme e parallele tra loro, è facile dimostrare che il segnale interferometrico è determinabile dalla seguente relazione:

$$I(\theta) = I_0 + \gamma \cos \left(\frac{4\pi n d}{\lambda} \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{n^2}} \right) \quad (1)$$

dove λ è la lunghezza d'onda del laser utilizzato I_0 è legato all'intensità dei fasci che interferiscono e γ dipende dalla coerenza della sorgente luminosa.

Con rif. alla Fig. 3, si riporta il tipico segnale interferometrico, per un campione di silicio, ottenuto al variare dell'angolo di incidenza θ , per ogni lunghezza d'onda λ . Dalla simmetria della figura si può facilmente

determinare la posizione d'incidenza ortogonale ($\theta=0^\circ$). In tale posizione, osservando la variazione di fase del segnale interferometrico al variare della lunghezza d'onda, è possibile determinare il cammino ottico all'interno del campione da misurare.

5 Nella Fig. 4 si riporta, a titolo di esempio, la variazione del segnale interferometrico ottenuto per incidenza normale ($\theta=0^\circ$) al variare della lunghezza d'onda della sorgente di luce coerente. Tale andamento può essere descritto dalla seguente relazione:

$$I_{\theta=0}(\lambda) \approx A + \sum_{m=1}^3 B_m \cos \left[m \frac{4\pi d}{\lambda} + \Delta\phi \right]$$



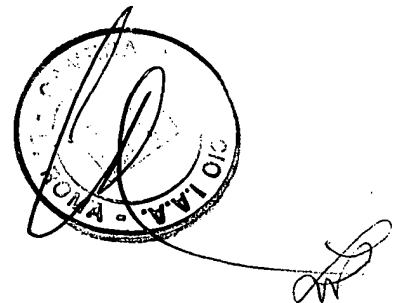
10 Dall'analisi di tale segnale ed interpolando i dati sperimentali è possibile ricavare il cammino ottico n·d. Il caso (a) si riferisce ad un campione di silicio, mentre il caso (b) ad un campione di niobato di litio.

15 In Fig. 5, si riporta, invece, il segnale interferometrico in funzione dell'angolo di incidenza e per una fissata lunghezza d'onda. Il segnale risulta quindi descritto dall'equazione 1, con λ fisso. Utilizzando il valore precedentemente determinato del cammino ottico, è possibile ricavare l'indice di rifrazione del campione analizzato mediante comuni tecniche di recupero di fase. Dalla conoscenza contemporanea del cammino ottico e dell'indice di rifrazione è possibile di conseguenza risalire al valore dello spessore del campione.

20

In conclusione, attraverso il sistema inventato, si ha possibilità di poter determinare dalla stessa famiglia di segnali interferometrici acquisiti sia l'indice di rifrazione che lo spessore mediante due fasi distinte, in modo da migliorare l'accuratezza con cui le due grandezze sono determinate.

5



RIVENDICAZIONI

- 5 1. Sistema per la misura dell'indice di rifrazione e dello spessore di materiali trasparenti, costituito da un interferometro del tipo "shear interferometer", caratterizzato dal fatto di essere a sua volta costituito: da una sorgente laser (1), un alimentatore (2), un collimatore (4), una base rotante di precisione (7), un fotodiodo (9), un oscilloscopio (10), un bus di controllo IEEE-488 (12), un personal computer (11).
- 10 2. Sistema per la misura dell'indice di rifrazione e dello spessore di materiali trasparenti, secondo la Rivendicazione. 1, caratterizzato dal fatto che la sorgente laser (1) è tale da variare la lunghezza d'onda di emissione, per es. tramite l'alimentatore (2), comandato tramite bus IEEE-488 (12) da un personal computer (11).
- 15 3. Sistema per la misura dell'indice di rifrazione e dello spessore di materiali trasparenti, secondo la Rivendicazione. 1, caratterizzato dal fatto che il sistema di acquisizione può essere scelto a piacere, per es. un fotodiodo (9) interfacciato con un oscilloscopio (10) comandato, tramite bus IEEE-488 (12), da un personal computer (11).
- 20 4. Sistema per la misura dell'indice di rifrazione e dello spessore di materiali trasparenti, caratterizzato dal fatto che il campione (5) è formato da materiale omogeneo a facce piane e parallele.
5. Sistema per la misura dell'indice di rifrazione e dello spessore di materiali trasparenti, secondo la Rivendicazione. 4 caratterizzato dal fatto che il campione (5) è posto verticalmente su un supporto (6) e poggia su

una base rotante di precisione (7), la cui posizione è sulla direzione del fascio della radiazione luminosa (13).

5 6. Sistema per la misura dell'indice di rifrazione e dello spessore di materiali trasparenti, secondo le Rivendicazioni. 1, 4 e 5, caratterizzato dal fatto che la radiazione luminosa (13) che attraversa il campione subisce varie riflessioni e rifrazioni all'interno del campione (5), che interferendo tra loro, producono il segnale interferometrico (14).

10 7. Sistema per la misura dell'indice di rifrazione e dello spessore di materiali trasparenti, secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che per effettuare la misura dell'indice di rifrazione e dello spessore del campione analizzato (5), si determina prima la misura del cammino ottico e successivamente l'indice di rifrazione del campione (5); da tali due valori si valuta lo spessore del campione investigato (5).

15 8. Sistema per la misura dell'indice di rifrazione e dello spessore di materiali trasparenti, secondo la Rivendicazione. 7, caratterizzato dal fatto che la misura del cammino ottico avviene valutando il segnale interferometrico ottenuto al variare dell'angolo di incidenza (8) per ogni fissata lunghezza d'onda della sorgente laser (1); dalla simmetria del segnale acquisito sul personal computer (11), è possibile risalire alla
20 condizione di incidenza normale ($\theta=0^\circ$); dal segnale interferometrico relativo a tale posizione è possibile risalire al cammino ottico caratterizzante il campione (5).

25 9. Sistema per la misura dell'indice di rifrazione e dello spessore di materiali trasparenti, secondo la Rivendicazione. 8, caratterizzato dal fatto che analizzando il segnale interferometrico in funzione dell'angolo di

incidenza (8) e relativo ad una fissata lunghezza d'onda ed utilizzando il valore del cammino ottico precedentemente valutato, è possibile risalire al valore dell'indice di rifrazione del campione analizzato (5).

5 10. Sistema per la misura dell'indice di rifrazione e dello spessore di materiali trasparenti, secondo la Rivendicazione. 9, caratterizzato dal fatto che utilizzando il valore del cammino ottico e dell'indice di rifrazione è possibile risalire allo spessore del campione analizzato (5).

10 11. Procedimento, per misurare l'indice di rifrazione e lo spessore di materiali trasparenti, secondo tutte le Rivendicazioni precedenti, da effettuare nel modo seguente:

- disporre di un supporto che abbia la funzione di alloggiare il materiale di cui si voglia misurare l'indice di rifrazione e lo spessore;
- detto supporto viene posto su un sistema rotante di precisione e quindi opportunamente inserito nel sistema di misura, in modo che il campione da misurare sia attraversato da un fascio di luce coerente e monocromatico;
- la luce coerente che attraversa il campione subisce varie riflessioni e rifrazioni alle interfacce del campione, producendo un segnale d'interferenza;
- 20 - dall'osservazione della variazione di fase del segnale d'interferenza, a seguito della variazione della lunghezza d'onda della luce coerente, si ricava il cammino ottico;
- da detto cammino ottico ed osservando il segnale d'interferenza, ottenuto per ogni fissata lunghezza d'onda della sorgente di luce coerente,
- 25 si ricava l'indice di rifrazione del materiale;



Handwritten signature or initials.

- da detto valore dell'indice di rifrazione e dal valore del cammino ottico si ricava lo spessore del campione da misurare.

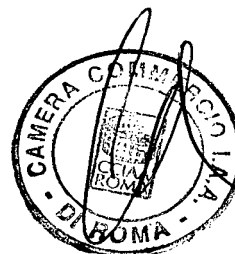
11. Sistema, e relativo procedimento, per la misura dell'indice di rifrazione e dello spessore di materiali trasparenti, caratterizzato dal fatto di poter essere utilizzato anche per i liquidi.

Roma, 24 LUG. 2002

p.i. CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

Dr. L. PERROTTA 102D (BM)

L. Perrotta



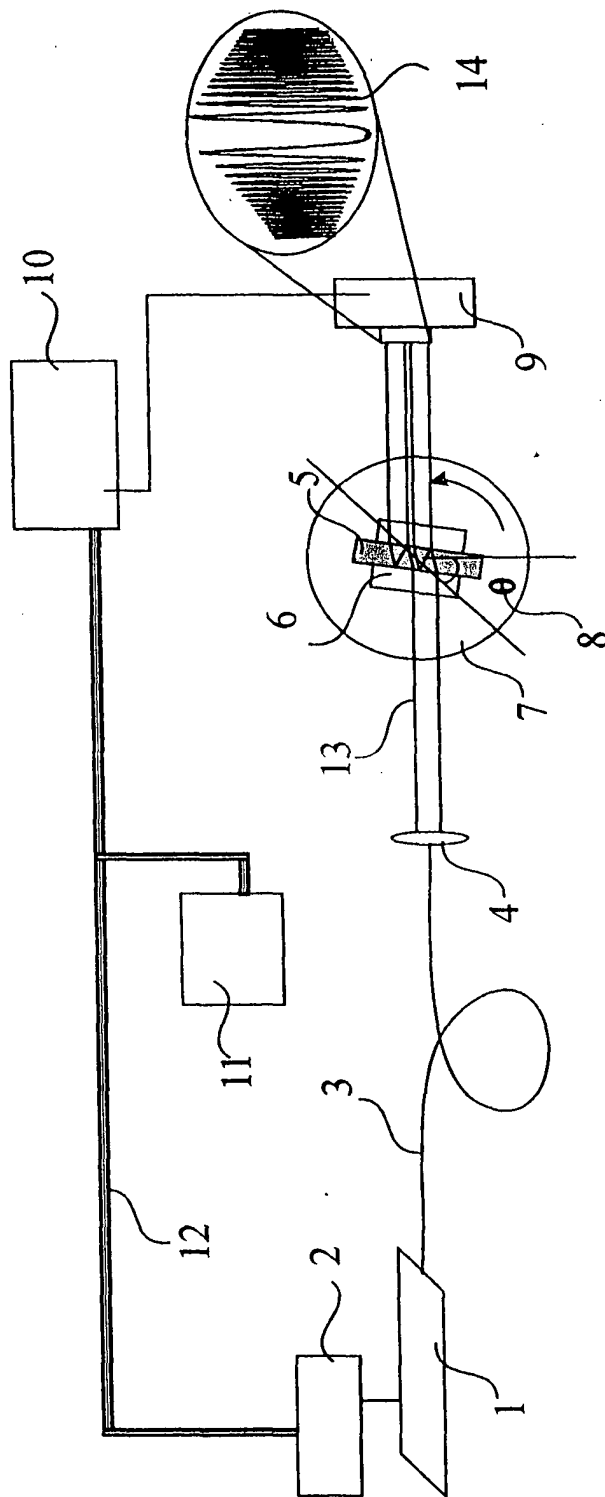
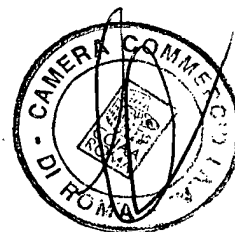


FIG. 1



p. i. CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
Dr. L. PERROTTA 102D BM

Perrotta

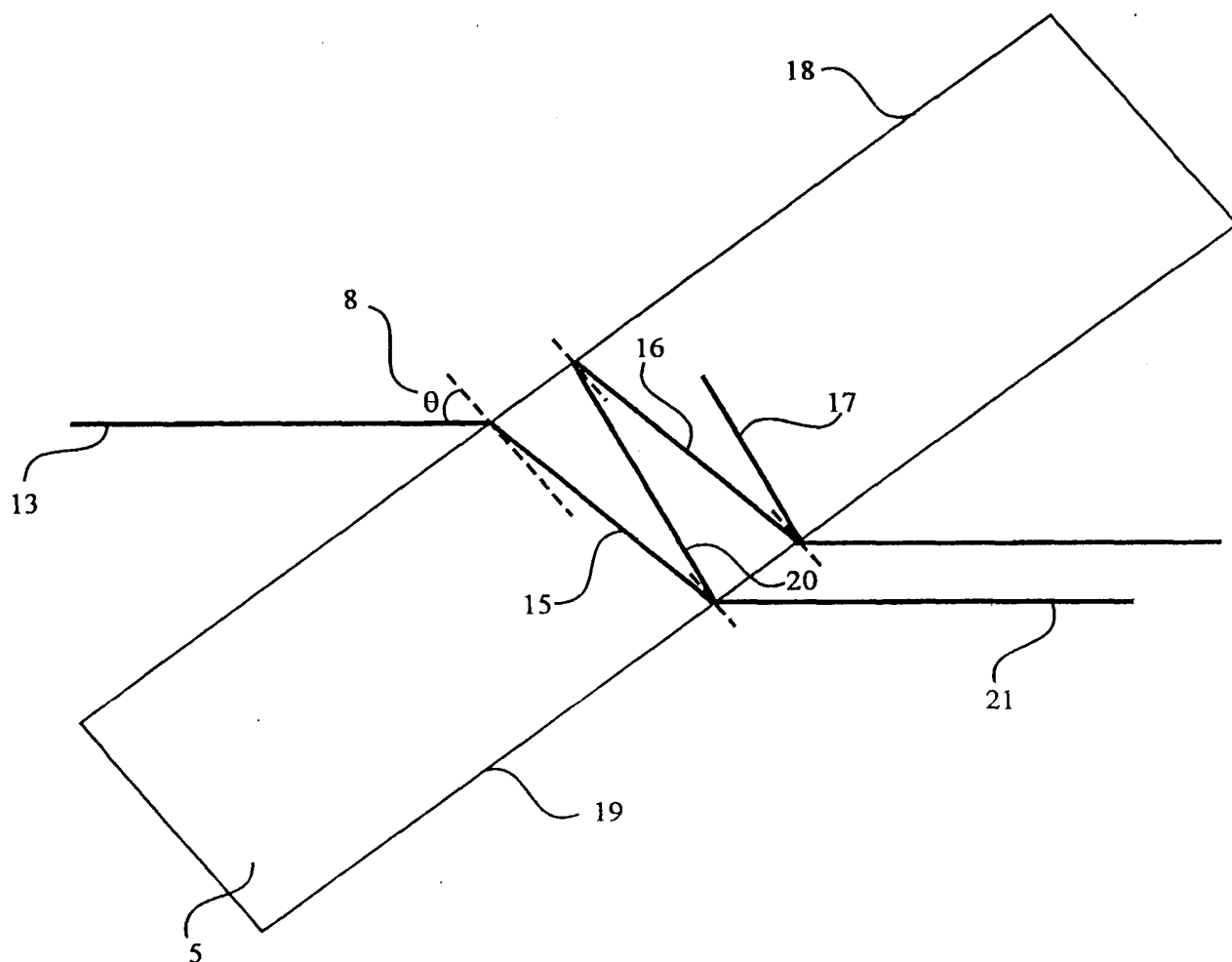
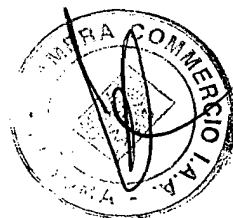


FIG. 2

p. i. CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

Dr. L. PERROTTA 102D BM

Perrotta



544 2037 049392

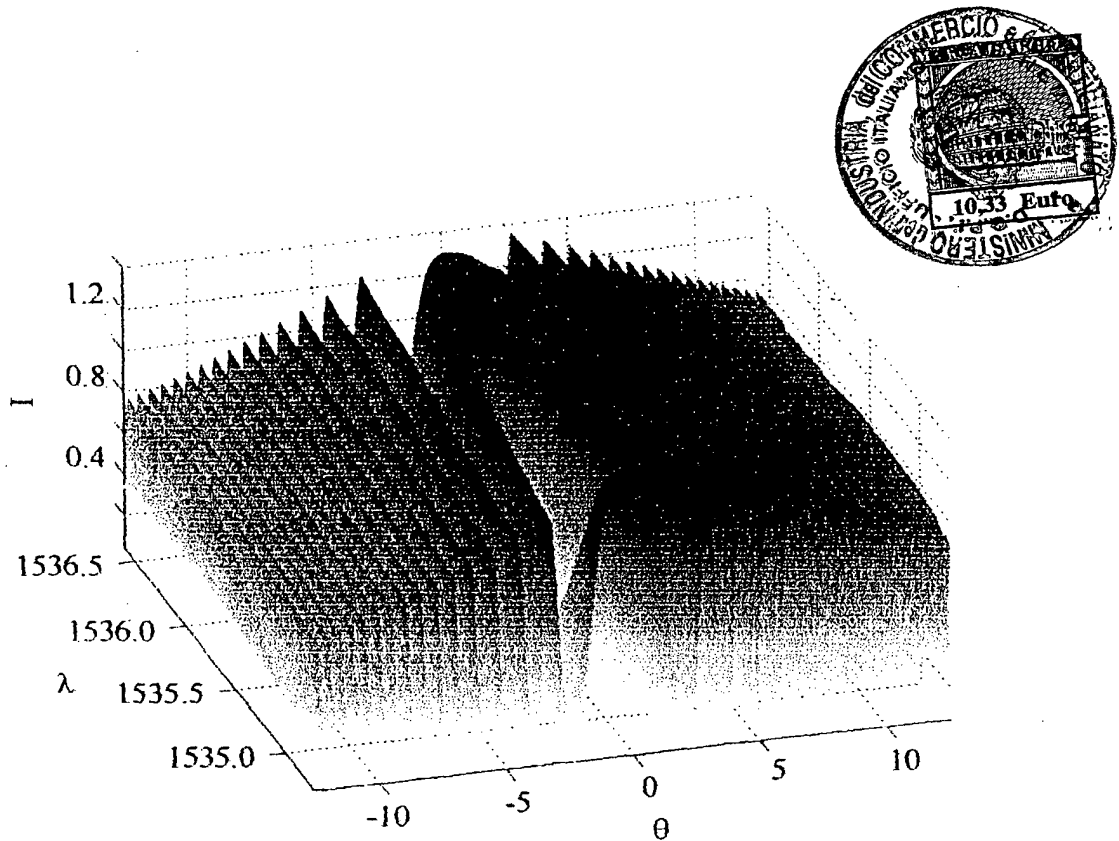
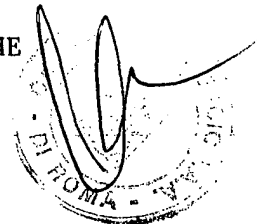


Fig. 3

p. i. CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

Dr. L. PERROTTA 102D BM

L. Perrotta



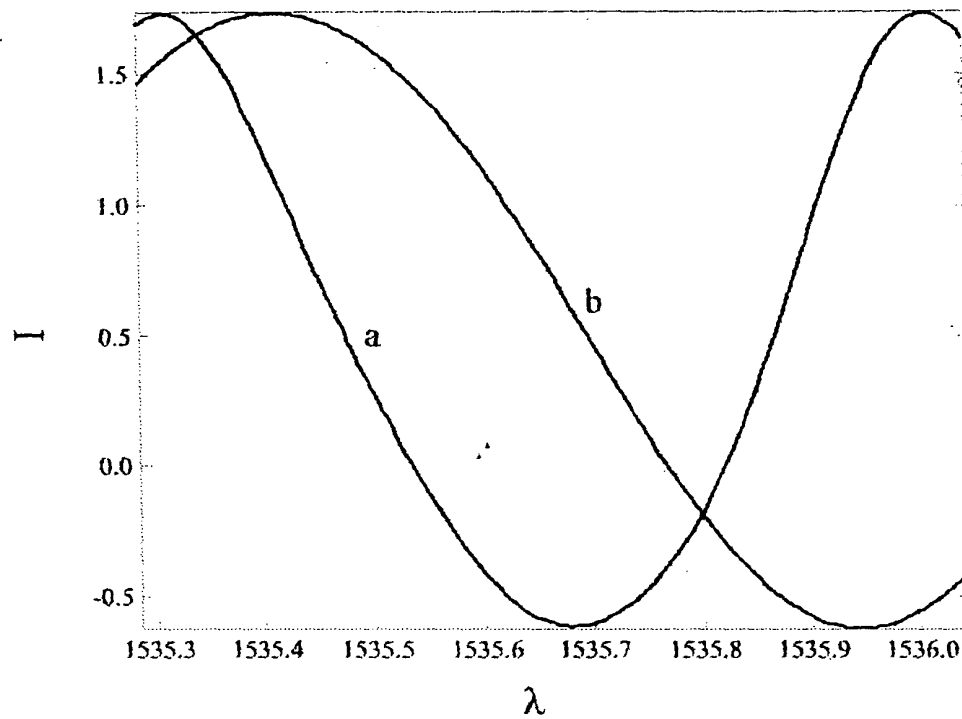


Fig. 4

p. i. CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

Dr. L. PERROTTA 102D BM

L. Perrotta

[Signature]

RM 2002 A 00039Z

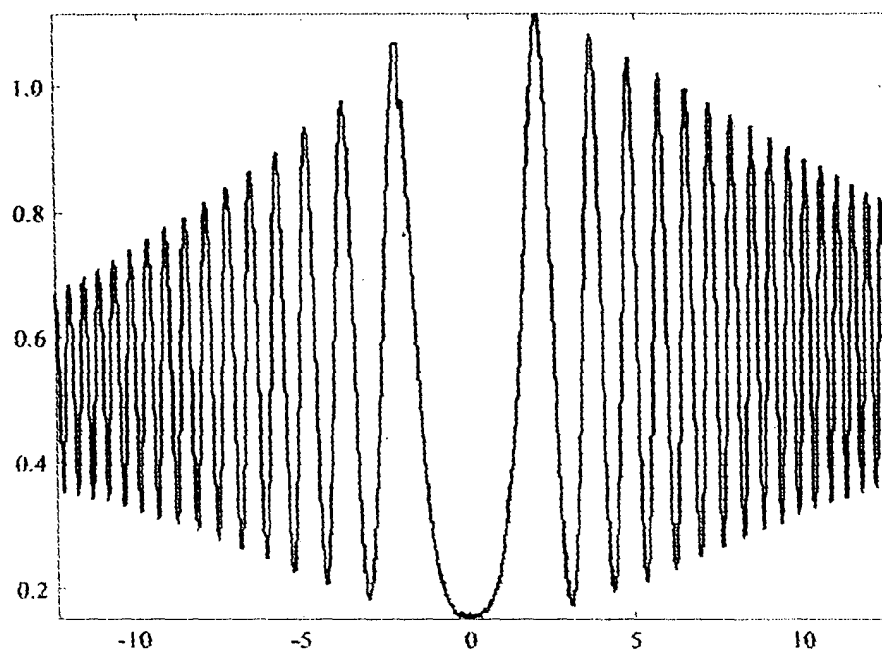


Fig. 5

p. i. CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

Dr. L. PERROTTA 102D BM

L. Perrotta

[Signature]